

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-133222

(43)Date of publication of application : 22.05.1998

(51)Int.Cl.

G02F 1/1347

G02F 1/133

G09F 9/35

(21)Application number : 08-284485

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 25.10.1996

(72)Inventor : KUBOTA KANEMITSU

NEHASHI SATOSHI

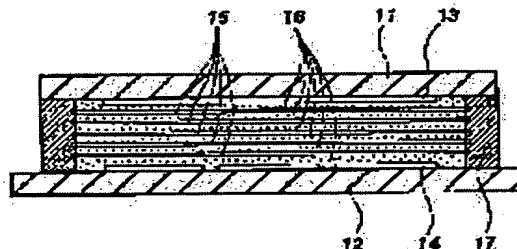
KOYAMA TOMOKO

(54) DISPLAY DEVICE AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To embody a display device which may be easily produced and is bright.

SOLUTION: This display device has composite multilayered films consisting of the structure obtd. by alternately laminating liquid crystal layers 26 and photosetting resin layers 15. These composite multilayered films are obtd. by applying liquid crystal materials on a substrate or applying photosetting resin materials on the substrate or irradiating the photosetting resin resins 15 applied on the substrates with light to cure the resins. The composite multilayered films are formed by repeating these stages and laminating the films by one layer each. Voltages are impressed between the upper and lower electrode substrates 11, 12 disposed above and below the composite multilayered films, by which the light reflectivity of the composite multilayered films is changed and display operation is effected.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-133222

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月22日

(51) Int.Cl.⁶
G 0 2 F 1/1347
1/133
G 0 9 F 9/35

識別記号
5 0 5

F I
G 0 2 F 1/1347
1/133
G 0 9 F 9/35

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-284485
(22) 出願日 平成 8 年 (1996) 10月25日

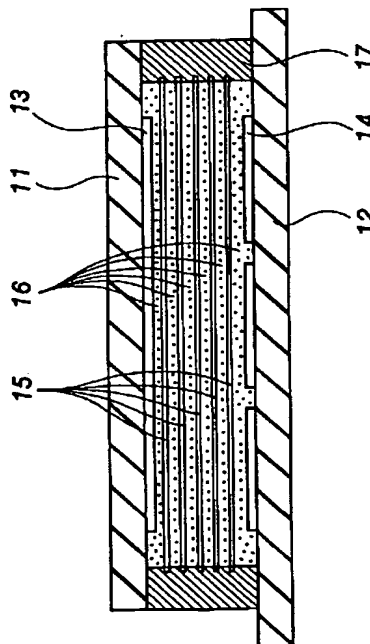
(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
(72) 発明者 久保田 兼充
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコ
ーエプソン株式会社内
(72) 発明者 根橋 聡
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコ
ーエプソン株式会社内
(72) 発明者 小山 智子
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコ
ーエプソン株式会社内
(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 表示装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 製造が容易にして明るい表示装置を実現する。

【解決手段】 液晶層 (16) と光硬化性樹脂層 (15) とが交互に積層された構造からなる複合多層膜を有し、該複合多層膜は、(1) 液晶材料を塗布する、(2) 光硬化性樹脂材料を塗布する、(3) 上記塗布された光硬化性樹脂に光を照射して光硬化させる、上記 (1)、(2)、(3) の工程を繰り返して一層毎積み重ねる事により形成され、該複合多層膜の上下に配された上下電極基板 11、12 の間に電圧を印加することにより、該複合多層膜の光反射率を変え表示動作を行わせる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 液晶層と光硬化性樹脂層とが交互に複数回以上積層され、前記液晶層と前記光硬化性樹脂層の各層厚は各々少なくとも1種類以上の設定厚みを有する複合多層膜を備え、

前記複合多層膜を少なくとも一对の基板間に挟持し、前記基板内面に形成された電極により前記複合多層膜への電圧印加を制御し、前記複合多層膜の光反射率を変化せしめることを特徴とする表示装置。

【請求項2】 液晶材料と光硬化性樹脂との混合物層と、光硬化性樹脂層とが交互に複数回以上積層され、前記混合物層と前記光硬化性樹脂層の各層厚は各々少なくとも1種類以上の設定厚みを有する複合多層膜を備え、前記複合多層膜を少なくとも一对の基板間に挟持し、前記基板内面に形成された電極により前記複合多層膜への電圧印加を制御し、前記複合多層膜の光反射率を変化せしめることを特徴とする表示装置。

【請求項3】 請求項1に記載の表示装置に於いて、前記液晶層を構成する液晶材料が持つ複数の屈折率のうち少なくとも一つの屈折率と前記光硬化性樹脂層の屈折率とを略一致させたことを特徴とする表示装置。

【請求項4】 請求項2に記載の表示装置に於いて、前記混合物層を構成する液晶材料の持つ複数の屈折率のうち少なくとも一つの屈折率と前記光硬化性樹脂層との屈折率とを略一致させたことを特徴とする表示装置。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかに記載の表示装置に於いて、前記複合多層膜を挟持した前記一对の基板の一方の基板の外表面側には光散乱層もしくは光散乱板を配置し、他方の基板の外表面側には光吸収部を配置したことを特徴とする表示装置。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれかに記載の表示装置に於いて、前記液晶材料として、ネマチック液晶、スメクチック液晶、ネマチック液晶ポリマー、またはスメクチック液晶ポリマー、若しくはそれらの混合物を用いたことを特徴とする表示装置。

【請求項7】 請求項1、3、または5のいずれかに記載の表示装置に於いて、上記液晶材料として、ディスコチック液晶またはディスコチック液晶とネマチック液晶との混合物を用いたことを特徴とする表示装置。

【請求項8】 請求項1乃至7のいずれかに記載の表示装置に於いて、前記複合多層膜は、前記一对の基板間に電圧を印加した時に、少なくとも可視光の一部波長域で多層膜干渉反射条件をほぼ充たすように、前記光硬化性樹脂層及び、前記液晶層若しくは前記混合物層の各層厚が設定されていることを特徴とする表示装置。

【請求項9】 請求項1乃至7のいずれかに記載の表示装置に於いて、前記複合多層膜は、前記一对の基板間に電圧を印加しない時に、少なくとも可視光の一部波長域で多層膜干渉反射条件をほぼ充たすように、前記光硬化性樹脂層及び、前記液晶層若しくは前記混合物層の各層

厚が設定されていることを特徴とする表示装置。

【請求項10】 請求項1乃至9のいずれかに記載の表示装置に於いて、前記光硬化性樹脂層が導電性を有することを特徴とする表示装置。

【請求項11】 請求項1乃至10のいずれかに記載の表示装置に於いて、前記複合多層膜を少なくとも2分割し、該分割部に、少なくとも片面に電極層をもつ基板もしくはフィルムを挿入したことを特徴とする表示装置。

【請求項12】 請求項1乃至11のいずれかに記載の表示装置に於いて、前記複合多層膜は、複数の複合多層膜を積層した多重複合多層膜からなり、且つ、上記複数の複合多層膜は電圧印加時に可視光波長域内のそれぞれ異なる一部波長域で多層膜干渉反射条件を充たすように設定されていることを特徴とする表示装置。

【請求項13】 請求項1乃至11のいずれかに記載の表示装置に於いて、前記複合多層膜は、複数の複合多層膜を積層した多重複合多層膜からなり、且つ、上記複数の複合多層膜は電圧無印加時に可視光波長域内のそれぞれ異なる一部波長域で多層膜干渉反射条件を充たすように設定されていることを特徴とする表示装置。

【請求項14】 請求項12または13に記載の表示装置に於いて、前記複数の複合多層膜間に、電極層を片面もしくは両面に持つ基板もしくはフィルムを挿入したことを特徴とする表示装置。

【請求項15】 平板上に、光硬化性樹脂層をあらかじめ設定された厚みに形成する工程、液晶層をあらかじめ設定された厚みに形成する工程の各工程を複数回以上繰り返して、前記光硬化性樹脂層と前記液晶層とが交互に積層された複合多層膜を形成し、

その後、該複合多層膜を上記平板から剥離し、所望のサイズに切断するとともに、少なくとも一对の基板間に挟持する工程とを少なくとも有することを特徴とする表示装置の製造方法。

【請求項16】 請求項15記載の表示装置の製造方法に於いて、前記複合多層膜を形成する際に、前記光硬化性樹脂層または前記液晶層の各層厚の設定を途中で、各々、少なくとも1回以上変えたことを特徴とする表示装置の製造方法。

【請求項17】 平板上に、光硬化性樹脂層をあらかじめ設定された厚みに形成する工程、液晶材料と光硬化性樹脂との混合物層をあらかじめ設定された厚みに形成する工程の各工程を複数回以上繰り返して、前記光硬化性樹脂と前記混合物層とが交互に積層された複合多層膜を形成し、

その後、該複合多層膜を上記平板から剥離し、所望のサイズに切断するとともに、少なくとも一对の基板間に挟持する工程とを少なくとも有することを特徴とする表示装置の製造方法。

【請求項18】 請求項17記載の表示装置の製造方法に於いて、前記複合多層膜を形成する際に、前記光硬化

樹脂層または前記混合物層の各層厚の設定を途中で、各々、少なくとも1回以上変えたことを特徴とする表示装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶を用いた明るい表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】反射型液晶表示体は、微少電力で動作する表示装置として、ウォッチ、電卓、セルラー、小型携帯機器、各種家庭電器製品等の情報伝達媒体として、大きな発展、普及を遂げてきた。表示モードもTN型（ツイステッド・ネマチック）、STN型（スーパーツイステッド・ネマチック）、強誘電性等、多種発明されてきた。しかし、これらは全て偏光板を使用するものであり、現実的には、入射光の約60%は該偏光板により吸収されてしまうため、暗い画面となり、理想的な反射型表示、例えば、白紙色に黒表示といった見やすさからは遠いものであった。

【0003】特に、反射型カラー表示では、偏光板とカラーフィルター双方の光吸収のため、最大でも入射光強度の10%前後の反射光強度しか得られず、非常に暗く、印刷物の様な明るく鮮やかなカラー表示には遠く及ばないものであった。

【0004】最近、上述した欠点を解決し、偏光板を使わず、明るいカラーディスプレイを実現させる方法として、従来例1（特開平4-178623号を参照）が、偏光板を使わず、干渉反射を利用した明るい反射型表示装置の例として挙げられる。従来例1に於いては、液晶層とSiO₂層を重ね合わせ、各層の厚みと屈折率とを干渉反射の条件に適合するように設定し、特定波長の光を選択反射させる。ここに、上下電極間に電圧を印加すると、液晶層の屈折率が変わり、上記干渉反射の条件から離脱して反射光強度が変わるため、表示機能が具現化できるものである。従来例1の問題点は、干渉反射を起こさせる層がSiO₂膜/液晶層/SiO₂膜のわずか3層からなり、これでは、十分な干渉反射光強度が得られず、ほとんどの入射光が透過して、下部の光吸収体に吸収されてしまう事は文献1（応用光学II、鶴田匡夫著、4-3-3参照）からも明かである。従って、十分な明るさをもった反射型表示装置は実現できなかった。反射光強度を上げるには、SiO₂膜/液晶層/SiO₂膜/液晶層/SiO₂膜/・・・と少なくとも、20層以上積み重ねた複合多層膜が必要であるが、従来例1では、このような複合多層膜の形成は極めて困難である。つまり、従来例1にも図示されているように、液晶層の上に直接SiO₂膜を形成できないため、一旦、SiO₂膜の上にスペーサー膜を載せ、その上にSiO₂膜を蒸着法等により形成する。その後、上記スペーサー膜の周辺部のみを残して、それ以外の部分をエッチング

除去し、該エッチング除去部分に液晶材料を注入して液晶層を形成している。これらは、液晶層の上に直接SiO₂層を形成する事ができない理由から生じる困難さで、この製造法を繰り返して20層以上の複合多層膜を製造する事は現実性に乏しい事は明かである。

【0005】次に、上記複合多層膜をより簡便に作る方法が従来例2（特開平5-134266号を参照）、及び従来例3（特開平6-294952号を参照）に示されている。従来例2、3では、液晶材料と光硬化性樹脂からなる高分子材料とを混合したものを2枚の電極基板間に挿入し、上下2方向よりレーザー光を照射し、該2本のレーザー光が作る干渉パターンにより光の強弱縞を作り、この強弱縞に応じて、層状に上記光硬化性樹脂を光硬化させ、高分子樹脂層/液晶層/高分子樹脂層/液晶層/高分子樹脂層/・・・の複合多層膜を形成している。この方法によれば、層数は何層あっても1回の処理で複合多層膜が得られ非常に簡便な製造方法といえる。しかし、従来例2、3の表示装置の欠点として、例えば、同じ発明者が記載する従来例4（ASIA DISPLAY 95 p603-606を参照）に示されるように、2本のレーザー光の干渉により光硬化性樹脂と液晶層とのピッチが決まるため、その干渉ピッチは極めて精度の高いものとなり、従って、干渉反射光の波長巾が非常に狭く、色は鮮やかではあるが、反射型表示としては、明るさに欠けるものであった。通常、反射型表示の背景色は紙のような白色が最も好ましいが、そのためには、可視光の波長域全体で干渉反射の条件を満たすようにしなければならない。従来例2、3、4では、複合多層膜内で層ピッチを変える事はその製造方法から極めて困難で、従って、あらゆる波長光の光を干渉反射させ明るい表示装置を実現する上では大きな問題となっていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来例1では、20層以上積み重ねた複合多層膜が必要であるが、このような複合多層膜の形成は極めて困難である。また従来例2、3、4では、複合多層膜内で層ピッチを変える事はその製造方法から極めて困難で、従って、あらゆる波長光の光を干渉反射させ明るい表示装置を実現する上では大きな問題となっていた。

【0007】本発明は、上述の課題を解決するためになされたもので、反射光強度が高く均一で明るい反射型表示装置、更には背景が白色で黒表示、又はカラー表示が可能なより見やすい反射型表示装置を提供する事を目的とし、そのために、層間でピッチの異なる多数層の複合多層膜をより簡便な製造方法で提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、液晶層と光硬化性樹脂層とが交互に複数回以上積層され、前記液晶層と前記光硬化性樹脂層の各層厚は各々少なくとも1種類

以上の設定厚みを有する複合多層膜を備え、前記複合多層膜を少なくとも一對の基板間に挟持し、前記基板内面に形成された電極により前記複合多層膜への電圧印加を制御し、前記複合多層膜の光反射率を変化せしめることを特徴とする。

【0009】この表示装置に於いては、前記液晶層を構成する液晶材料が持つ複数の屈折率のうち少なくとも一つの屈折率と前記光硬化性樹脂層の屈折率とを略一致させると、複合多層膜への印加電圧制御によって入射光を透過させることができる。

【0010】また、液晶材料と光硬化性樹脂との混合物層と、光硬化性樹脂層とが交互に複数回以上積層され、前記混合物層と前記光硬化性樹脂層の各層厚は各々少なくとも1種類以上の設定厚みを有する複合多層膜を備え、前記複合多層膜を少なくとも一對の基板間に挟持し、前記基板内面に形成された電極により前記複合多層膜への電圧印加を制御し、前記複合多層膜の光反射率を変化せしめることを特徴とする。

【0011】この表示装置に於いては、前記混合物層を構成する液晶材料の持つ複数の屈折率のうち少なくとも一つの屈折率と前記光硬化性樹脂層の屈折率とを略一致させると、複合多層膜への印加電圧制御によって入射光を透過させることができる。

【0012】また以上の表示装置に於いて、前記複合多層膜を挟持した前記一對の基板の一方の基板の外側面には光散乱層もしくは光散乱板を配置し、他方の基板の外側面には光吸収部を配置されると反射型表示装置が実現できる。

【0013】以上の表示装置に於いて、前記液晶材料として、ネマチック液晶、スメクチック液晶、ネマチック液晶ポリマー、またはスメクチック液晶ポリマー、若しくはそれらの混合物を用いることができる。

【0014】またこの他に、上記液晶材料として、ディスコチック液晶またはディスコチック液晶とネマチック液晶との混合物を用いることができる。

【0015】また以上の表示装置に於いては、前記複合多層膜は、前記一對の基板間に電圧を印加した時に、少なくとも可視光の一部波長域で多層膜干渉反射条件をほぼ満たすように、前記光硬化性樹脂層及び、前記液晶層若しくは前記混合物層の各層厚が設定されていることを特徴とする。あるいは、前記複合多層膜は、前記一對の基板間に電圧を印加しない時に、少なくとも可視光の一部波長域で多層膜干渉反射条件をほぼ満たすように、前記光硬化性樹脂層及び、前記液晶層若しくは前記混合物層の各層厚が設定されていることを特徴とする。こうすると、複合多層膜への印加電圧制御によって入射光を反射させることができる。

【0016】また、前記光硬化性樹脂層が導電性を有するようにしてもよい。こうすると、駆動電圧を下げることも可能となる。

【0017】また、前記複合多層膜を少なくとも2分割し、該分割部に、少なくとも片面に電極層をもつ基板もしくはフィルムを挿入してもよい。こうすると、駆動電圧を下げるができる。

【0018】さらに、前記複合多層膜は、複数の複合多層膜を積層した多重複合多層膜からなり、且つ、上記複数の複合多層膜は電圧印加時に可視光波長域内のそれぞれ異なる一部波長域で多層膜干渉反射条件を満たすように設定されていることを特徴とする。あるいは、前記複合多層膜は、複数の複合多層膜を積層した多重複合多層膜からなり、且つ、上記複数の複合多層膜は電圧無印加時に可視光波長域内のそれぞれ異なる一部波長域で多層膜干渉反射条件を満たすように設定されていることを特徴とする。

【0019】これらの複数の複合多層膜間には、電極層を片面もしくは両面に持つ基板もしくはフィルムを挿入してもよい。

【0020】また、本発明の表示装置の製造方法は、平板上に、光硬化性樹脂をあらかじめ設定された厚みに塗布し、該光硬化性樹脂に光を照射して光硬化させて光硬化性樹脂層を形成する工程、液晶材料をあらかじめ設定された厚みに塗布して液晶層を形成する工程の各工程を複数回以上繰り返して、前記光硬化性樹脂層と前記液晶層とが交互に積層された複合多層膜を形成し、その後、該複合多層膜を上記平板から剥離し、所望のサイズに切断するとともに、少なくとも一對の基板間に挟持する工程とを少なくとも有することを特徴とする。

【0021】この製造方法に於いては、前記複合多層膜を形成する際に、前記光硬化性樹脂層または前記液晶層の各層厚の設定を途中で、各々、少なくとも1回以上変えたとよい。

【0022】また、他の製造方法としては、平板上に、光硬化性樹脂をあらかじめ設定された厚みに塗布し、該光硬化性樹脂に光を照射して光硬化させて光硬化性樹脂層を形成する工程、液晶材料と光硬化性樹脂との混合物をあらかじめ設定された厚みに塗布し、該混合物に光を照射して該混合物中の光硬化性樹脂を光硬化させて混合物層を形成する工程の各工程を複数回以上繰り返して、前記光硬化性樹脂と前記混合物層とが交互に積層された複合多層膜を形成し、その後、該複合多層膜を上記平板から剥離し、所望のサイズに切断するとともに、少なくとも一對の基板間に挟持する工程とを少なくとも有することを特徴とする。

【0023】この製造方法に於いては、前記複合多層膜を形成する際に、前記光硬化性樹脂層または前記混合物層の各層厚の設定を途中で、各々、少なくとも1回以上変えたとよい。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、実施例に従い、本発明を具体的に説明する。

【0025】(実施例1) 図1は、本発明の第1の実施例を示す表示装置の断面図である。11、12は互いに対向する面上に透明電極13、14を有する電極基板で、ガラスまたはプラスチック板またはプラスチックフィルム等からなる。15は光硬化性樹脂層、16は液晶層で、該光硬化性樹脂層15と該液晶層16とは交互に積層された複合多層膜を構成している。17は、上記複合多層膜の厚みを保持するとともに、水分、気泡、その他各種汚染物が該複合多層膜中に外部から侵入する事を防ぐ為に設けられた周囲シール部で、エポキシ樹脂等の接着剤からなる。以上が、本発明の表示装置の基本構造である。

【0026】次に、図8を用いて、本発明の表示装置の透過/反射の動作原理を説明する。この図に於いては、

$$n_{LC2} \approx n_F \quad (n_F \text{は、光硬化性樹脂層の屈折率}) \quad \dots (2)'$$

(2)' 式を満たすように液晶材料及び光硬化性樹脂を選定し、上記液晶層8、9、10、11及び光硬化性樹脂層5、6、7に使用すると、図8(b)に示すように電圧を充分印加した領域では、液晶層と光硬化性樹脂と

$$n_{LC1} \cdot d_{LC} \approx n_F \cdot d_F \approx (1/4 + m/2) \lambda_0 \quad (d_{LC} \text{は液晶層8、9、10、11の厚み、} d_F \text{は光硬化性樹脂5、6、7の厚み、} \lambda_0 \text{は入射光の波長、} m \text{は0又は任意の整数}) \quad \dots (3)'$$

を満たすように、液晶層8、9、10、11の厚みと、光硬化性樹脂6、7、8の厚みを設定すれば、図8(a)に示すように、波長 λ_0 の入射光を最も強く反射することが明かである。

【0027】この原理説明に於いては、電圧無印加領域では、液晶分子の分子長軸は光硬化性樹脂層の各面に対して略平行に配列させてあるが、略垂直に配列させる事も可能である。この場合には、液晶材料として負の誘電異方性を持つネマチック液晶材料を用い、電圧印加時に該分子長軸を該光硬化性樹脂層の各面に対して略水平に配列させる。このようにして、前述と同様に、電圧の有無により液晶層の屈折率を変える事ができ複合多層膜の反射率が変わり表示装置として機能させる事が可能になる。

【0028】また、電圧印加時に液晶層の屈折率と光硬化性樹脂層の屈折率とを略一致させ入射光を殆ど透過させたが、電圧無印加時に、略一致させ、電圧印加時に多層膜干渉反射条件を満たすように前記液晶と光硬化性樹脂の各材料及各層厚を設定する事により前述と同様な表示装置を実現できる事は明かである。

【0029】それでは、以上の原理に基づき、図2を用いて、該表示装置の動作原理を説明する。21は液晶層、22は光硬化性樹脂層で、それぞれ図1の16、15に対応している。表示領域23と24は、内面に透明電極が形成された上下電極基板29、30間に印加する電圧が充分に異なる二つの代表的な表示領域である。通

$$n_2 \approx n_F \quad (n_F \text{は光硬化樹脂層22の屈折率}) \quad \dots (2)$$

充たすように、あらかじめ液晶材料及光硬化性樹脂材料

5、6、7は光硬化性樹脂、8、9、10、11は液晶層を示す。図8(a)は13、14の電極間に電圧が印加されていない領域(又は液晶のしきい値電圧以下の電圧印加領域)の状態を示す。ここでは、液晶分子は基板面、光硬化性樹脂面に対し、ほぼ並行に配向した状態で、液晶層の屈折率は n_{LC1} である。図8(b)は13、14の電極間に電圧が充分に印加されている領域(又は液晶の飽和電圧以上の電圧印加領域)の状態を示す。ここでは、液晶分子は基板面、光硬化性樹脂面に対し、ほぼ垂直に配向した状態で、液晶層の屈折率は n_{LC2} である。液晶の一般的性質により、電圧印加の変化により液晶層の屈折率は変化し、

$$n_{LC1} > n_{LC2} \quad \dots (1)'$$

である。そこで、

の境界では屈折率差が無く、入射光(図中の斜めの直線)はそのまま透過する。次に、電圧を印加しない領域では、文献1(応用光学II、鶴田匡夫著、4-3-3 (II)参照)に示すように、次式(3)'

常、電圧無印加状態で液晶分子軸を基板面(この場合は、電極基板29及び光硬化性樹脂層22の面)に対し、水平に並べるか、垂直に並べるかは、基板面に塗る界面活性剤等の種類により比較的簡単に選択できる。

(詳しくは、文献2・・・「液晶」・応用編、岡野光治・小林駿介共著、培風館、2、3項を参照)本実施例に於いては、液晶層21には、正の誘電異方性($\Delta\epsilon > 0$)を持つネマチック液晶を用い、電圧無印加時もしくは液晶のしきい値電圧以下では、該液晶分子軸が、光硬化性樹脂層22の面に対して略平行に配向するように作っておく。ここで表示領域24は、上下電極基板29、30間に電圧が印加されていない、もしくは液晶のしきい値電圧以下の領域を示し、前述した様に液晶分子28は、各面に長軸を略平行に配向している。又、本実施例に於いてはラビング等による配向処理を施していないため液晶分子長軸はいろいろな方向に向いている。ここで、液晶層21の層面に対して垂直方向からの入射光26に対する液晶層の屈折率を n_1 とおく。次に、表示領域23は、上下電極基板間に充分な電圧(一般的に液晶の飽和電圧以上)が印加された領域で、ここでは正の誘電異方性を持つ液晶分子27は、その分子長軸を層面に対して略垂直方向に配列する。この領域23での、液晶層21の垂直入射光25に対する屈折率を n_2 とおくと、液晶の一般的性質より

$$n_1 > n_2 \quad \dots (1)$$

本実施例では、下記(2)式

とを選択しておく。よって、表示領域23(電圧印加領

域)では、液晶層21と光硬化樹脂層22との間には殆ど屈折率の差がなく、入射光25は殆ど反射を受けずにそのまま透過する。

$$n1 \cdot dLC \approx nF \cdot dF \approx (1/4 + m/2) \lambda_0 \quad (\lambda_0 \text{は入射光の波長、}$$

$$m \text{はゼロ又は整数}) \cdots (3)$$

を充たすように、各層厚をあらかじめ設定しておけば、前述したように、表示領域24では多層膜干渉反射条件を充たすため、波長 λ_0 の入射光を最も強く反射する。ここで、文献1にも示される通り、反射光の強度は複合多層膜の層数が多いほど、また、上記 $n1$ と nF の差が大きいほど、大きくなる。

【0031】そこで例えば、屈折率の差($n1 - nF$)が0.2で、透過/反射する偏光軸が異なる2つの複合多層膜のそれぞれの層数が21層以上づつ有れば反射率は70%以上、31層以上づつ有れば反射率は90%以上が得られる。

【0032】又、基板29、30の各内面、及び光硬化性樹脂層22の各面にあらかじめ一方に配向処理を施しておけば液晶の分子長軸の配向方向も、上述の電圧無印加時または電圧印加時に基板面、光硬化性樹脂面に対して液晶分子の長軸が略並行になった際に、その長軸が表示装置の一方(図2の紙面と水平方向)に配向され、その方向の偏光成分が強く反射されることになる。従って、基板面、光硬化性樹脂面に対して液晶分子の長軸が略並行になった際に、その長軸が表示装置の一方(図2の紙面と水平方向)に配向される複合多層膜と、これと直交する方向(図2の紙面に垂直な方向)に配向される複合多層膜とをそれぞれ積層すれば、全ての偏光方向の光を透過/反射でき、より反射率が高くなる。

【0033】このように、表示領域24に於いては、入射光26は、波長 λ_0 の光が反射される。

【0034】以上説明した通り、本実施例に於いては、上下電極基板29、30間の電圧印加の有無により波長 λ_0 の入射光の反射率を制御することができ、表示装置としての基本機能を発現できる。

【0035】前述した実施例に於いては、波長 λ_0 前後の光を最も強く反射する。しかし、表示装置の理想は、可視光波長域の全域で透過/反射を制御することが最も明るく、そして、最もコントラストの高い表示装置を実現する上で望ましい。

【0036】そのためには、前記(3)式を満足する波長域を可視光の広い波長域に広げなければならない。本発明に於いては、例えば、波長 λ_0 、 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 $\lambda_4 \cdots$ で前記(3)式を各々充たす、それぞれ層厚の異なる複数の複合多層膜を積み重ねた多重複合多層膜を前記複合多層膜(21と22)として用いれば、可視光波長域内のより広い波長域で干渉反射の条件を充たすため、より明るく、コントラストの高い表示装置を実現できる事は明かである。

【0037】なお、液晶層の分子長軸が基板に垂直方向

【0030】更に、液晶層21の各層厚(dLC)と、光硬化性樹脂層22の各層厚(dF)を、各々下記(3)式

に並ぶ際は、基板面付近と層の中部付近では、その長軸の配向角度が異なるため、液晶層の屈折率は層方向に分布を有することとなる。本発明の実施例に於いては、この液晶層の層方向の平均的な屈折率を前提として話を進めている。

【0038】次に、前記光硬化性樹脂層22と液晶層21の各屈折率は、各々固有の波長分散を持ち、それらを一致させる事が最も望ましいが、一般的には一致させる事は困難である。その場合、前記波長 λ_0 、 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 $\lambda_4 \cdots$ の各波長毎に前記(2)式を充たすように、液晶材料と光硬化性樹脂材料とを選定した上で、各波長で(3)式を充たす様にそれぞれの層厚を設定した複数の複合多層膜を用意すればよいが、この場合、光硬化樹脂材料は固定し、液晶材料の屈折率を上記波長毎に(2)式を充たすように調整した方がわずかな液晶成分の調合比の調整で済むためより簡便である。

【0039】更に、本実施例に於いては、液晶層16又は21に正の誘電異方性を持つネマチック液晶材料を使用した。複屈折性を持ち、電界により液晶分子軸方向を制御できる材料ならば何でも使用できる事は明かで、上記ネマチック液晶の他、スメクチック液晶、又は、ネマチック液晶基、スメクチック液晶基を持った各種液晶ポリマー、さらには、それらの混合物を用いても勿論良い。特に、上記各種液晶ポリマーには光照射で硬化または重合するものもあり、この場合、上記光硬化型液晶前駆体をスピンコーター等で塗布した後、直ちに光照射すれば、液晶層と光硬化樹脂層とが殆ど混ざり合わず境界面がよりフラットになり多層膜干渉反射の強度を高める事ができる。

【0040】上述したように、液晶層と光硬化樹脂層との境界面は干渉反射光の強度を高めるためにもフラットか望ましいが、前記実施例で示した様に液晶層の上に光硬化性樹脂を塗布した場合、多少は境界面で二つの材料は混ざり合うが本発明の動作原理の原点である屈折率の異なる複合多層膜を形成する事には何等差し支えはない。

【0041】しかし、より高い干渉反射強度を得るために、前記液晶層21の代わりに、液晶と光硬化性樹脂との混合物を塗布してそれを光硬化させた層を用いれば、よりフラットな境界面が得られ好ましい。この場合、上記混合物内の液晶の屈折率と光硬化性樹脂の屈折率とは多層膜干渉反射条件を充たす時に異なり多少の光を散乱するが干渉反射光が僅か散乱するだけで本発明の目的とする明るい表示装置実現には殆ど差し支えない。

【0042】次に、上述した液晶層16又は21を構成

する液晶材料として、ディスコティック液晶（詳細は、文献2・・・「液晶」・基礎編、岡野光治・小林駿介共著、培風館、1. 3を参照）を用いれば、光学的に負の一軸性を持った複屈折性を持つため、光硬化性樹脂層（15又は22）に略平行に配列させたとき、入射光26に対する屈折率が全ての偏光方向で一様となり、より強い多層膜干渉反射が得られる。この場合、ネマチック液晶を用いた場合のように配向方向を直交させた2種類の複合多層膜を積層しなくともよくなる。またこの場合、上記ディスコティック液晶そのものに正の誘電異方性を付与しても良いが、正の誘電異方性を持つネマチック液晶材料と混合したものを前記液晶層16、21として使用すれば、粘度も下がり、容易に電界に従って分子軸の向きが変わる液晶層となり、より好ましい。

【0043】次に、上記実施例に於いては、電圧無印加領域24では、液晶分子28の分子長軸は光硬化性樹脂層22の各面に対して略平行に配列させてあるが、略垂直に配列させる事も文献2に示すとおり可能である。この場合には、液晶材料として負の誘電異方性を持つネマチック液晶材料を用い、電圧印加時に該分子長軸を該光硬化性樹脂層22の各面に対して略水平に配列させる。このようにして、前述と同様に、電圧の有無により液晶層の屈折率を変える事ができ複合多層膜の反射率が変わり表示装置として機能させる事が可能になる。

【0044】また、上述した実施例に於いては、電圧印加時に液晶層21の屈折率と光硬化性樹脂層22の屈折率とを略一致させ入射光を殆ど透過させたが、電圧無印加時に、略一致させ、電圧印加時に多層膜干渉反射条件を満たすように前記液晶と光硬化性樹脂の各材料と各層厚を設定する事により前述と同様な表示装置を実現できる事は明かである。この場合は、電圧無印加時に透過、電圧印加時に反射とすることができ上述したノーマリーホワイト表示とは反対にノーマリーブラック表示を実現できる。

【0045】次に、上記実施例に於ける複合多層膜の具体的な製造方法について図3を用いて説明する。図3に於いて、31はスピンコーターの回転台、32は光硬化性樹脂液、33は液晶材料、34は上記光硬化性樹脂液を硬化しポリマー化させるための光源である。上記光硬化性樹脂液32をあらかじめ設定された量、スピンコーターの回転台31上に滴下し、薄膜状に塗布させるとともに、光源34から光を照射して該光硬化性樹脂液32を光硬化（もしくは光重合ともいう）させポリマー薄膜層35を形成する。次に、液晶材料33をやはりスピンコーターの回転台31上にやはりあらかじめ設定された量滴下し、同様に薄膜状の液晶層36を上記ポリマー薄膜層35上に塗布形成する。更に、光硬化性樹脂液32を同様な方法により滴下して光照射して第2のポリマー層37を形成する。このように、光硬化性樹脂液を塗布しそれを光硬化させる工程と、液晶材料を塗布する工程

とを交互に繰り返す事により、本発明の複合多層膜を形成する。こうして得られた複合多層膜を剥離して、それを所望の寸法に切断し、それを図1、図2に示すように上下電極基板間に挿入すれば、表示装置が構成できる。上述した製造方法では、液晶層、光硬化性樹脂層とも、スピンコーターの回転数、又は液の滴下量、又は液晶材料、光硬化性樹脂液の温度、溶媒等のコントロールによる粘度管理により任意で所望の層厚を自由に設定できる。従って、層毎に層厚を変更する事も容易で、前述した様に、可視光波長域内の広い波長帯で多層膜干渉反射条件を満たす複合多層膜も容易に実現できる。また、上述した製造方法では、前記光硬化性樹脂液を塗布コートした後、直ちに光硬化（光重合）させたが、上記光硬化性樹脂を塗布した後乾燥のみにとどめて、その上に液晶材料を塗布し、更に光硬化性樹脂液を塗布／乾燥・・・を繰り返した後、複数層まとめて光照射を行い光硬化させても勿論よい。更にまた、上記スピンコーターの代わりに、ロールコーター、オフセット印刷、又はフレキソ印刷等によっても本発明に必要な複合多層膜を塗布形成する事は可能である。

【0046】更にまた、第1の実施例でも述べたように、上記液晶材料33の代わりに液晶材料と光硬化性樹脂材料との混合物を用いてもよい。この場合には、該混合物を塗布したあと光源32で光照射すれば層の境界面における液の混じり合いも抑える事ができ層厚がよりいい管理しやすくなる。

【0047】（実施例2）図4は、本発明による第2の実施例である反射型表示装置を示す。図中、41、42は、それぞれ互いに対向する面上に透明電極43および44を有する上下電極基板である。40は複合多層膜で、液晶層46と光硬化性樹脂層47が交互に積層されている。49は光散乱部で、光散乱層もしくは光散乱板からなる。50は、光吸収部で黒色もしくは必要に応じて任意の着色層からなる。次に、上記第2の実施例の表示動作を図5を用いて説明する。51、52はそれぞれ上、下電極基板で互いに対向する面上に透明電極53、54を有する。55は光散乱部、56は光吸収部である。58は液晶層で、光硬化性樹脂層57と交互に積層されて複合多層膜59が構成されている。本実施例に於いては、上記複合多層膜59の構成は、前述した第1の実施例に示したものと同一液晶材料及び光硬化性樹脂を使用するとともに、各層厚も第1の実施例に合わせて設定してある。電圧印加領域60に於いては、液晶分子66は、光硬化性樹脂層57の面に対して略垂直に配列し、その時の液晶層58の屈折率と該光硬化性樹脂層57の屈折率とは前記（2）式を満たすように設定されているため、入射光62はそのまま透過し光吸収部56で吸収される。よって、光吸収部56を黒色にしておけば、上記電圧印加（又は液晶の飽和値以上の電圧印加）領域60では黒色の外観を有する。次に、電圧無印加

(又は液晶のしきい値以下の電圧印加)領域61では、液晶分子65の分子長軸方向は、上記光硬化性樹脂層57の面に対して略平行に配列し、前記(3)式を充たす様に各層厚が設定されているため、入射光63は多層膜干渉反射を受けて反射され上面に戻される。そして、上部に配された光散乱部55にて散乱光64となり上部に放出される。ここで、上記複合多層膜59として、前述したように、互いに異なる複数の波長帯に対してそれぞれ多層膜干渉反射条件を充たす複数の複合多層膜を積み重ねた多重複合多層膜を用いれば、散乱光64は白色の外観を呈する様にさせる事も可能なことは明かである。このように、本実施例に基づく反射型表示装置に於いては、偏光板を用いず明るい反射型表示が得られ、白色地に黒文字表示といった紙に黒文字を描いた画質に近い表示品質が可能になる。

【0048】上述した実施例で一つ注意すべき課題がある。それは表示駆動に必要な電圧である。従来の液晶表示装置に於いては、液晶層にかけられる電圧は、2〜3ボルトで充分飽和電圧に達し駆動が可能であった。しかし、本発明に於いては、図6に示す様に等価回路的には、電極間に液晶層のコンデンサーと光硬化性樹脂層のコンデンサーとが複数個直列に接続されている。従って、液晶層全体に印加される電圧(V)は、液晶層と光硬化樹脂層の各々の層厚がほぼ同じの場合には次式に示される。

$$V = eF \times V. / (eLC + eF) \dots\dots (4)$$

eF ... 光硬化性樹脂層の誘電率
eLC ... 液晶層の誘電率
V. ... 上下電極基板間に印加される電圧

通常、液晶層の誘電率(eLC)は10〜15、光硬化性樹脂の誘電率(eF)は3〜4である。従って、液晶層全体に印加される電圧(V.)は上記(4)式から0.15V.〜0.3V.となり、上下電極間に印加する電圧(V)の1/5前後に低減してしまう。しかも、本発明に於いては、前述した通り複合多層膜の層数を増やすほど多層膜干渉反射強度も増し、更に、明るい白色地を持った表示装置の実現の為に可視光波長域の全てでまんべんなく多層膜干渉反射を起こすよう複数の複合多層膜を積み重ねた多重複合多層膜が望ましく、結果的により多くの層数を持った複合多層膜が表示性能を上げるためには必要となり、より高い駆動電圧が要求される。従って、上下電極基板間に印加される電圧を殆ど全て液晶層に印加することが表示駆動に要する電圧を下げるために好ましい。そのためには、前記光硬化性樹脂層に、たとえ僅かでも導電性が付与できれば良い。一般的に、樹脂に僅かな導電性を付与する方法として、ポリアセチレン系、ポリパラフェニレン系、ポリフェニレンサルファイド系といった導電性のある化学結合基を光硬化性樹脂中に含ませるか、上記結合基を有するポリマーを混合する事が簡単に僅かな導電性を与える方法の一つで

ある。このようにして、光硬化性樹脂層に僅かな導電性を付与すれば表示駆動電圧を下げる事ができ、半導体ICによる駆動も可能となってくる。

【0050】(実施例3)図7は、本発明の第3の実施例である反射型カラー表示装置、及び前記多重複合多層膜中に電極基板を挿入して表示駆動電圧を下げることを目的とした表示装置を示す。図中、71、72はそれぞれ上、下電極基板で互いに対向する面上にそれぞれ透明電極73、74を有する。75は光散乱部、76は黒色層からなる光吸収部である。77は、第1ブロックの複合多層膜で、電圧無印加(又は液晶のしきい値以下の電圧印加)時に赤色の波長光を選択干渉反射するように、前述した(2)式、(3)式に従い液晶材、光硬化性樹脂材及び各々の層厚が選定されている。同様に、78は第2ブロックの複合多層膜で、電圧無印加(又は液晶のしきい値以下の電圧印加)時に緑色の波長光を選択干渉反射するように選定されている。79は第3ブロックの複合多層膜で、同様に電圧無印加(又は液晶のしきい値以下の電圧印加)時に青色の波長光を選択干渉反射するように選定されている。80、81は、上記第1、第2、第3ブロックの各複合多層膜の境界面に挿入された中間電極基板、もしくは中間電極フィルムで、各々上下面に透明電極82、83及び84、85を有する。以上のように、本実施例に於いては、中間電極基板80、81を挿入して、第1ブロックの複合多層膜77に透明電極73と83で電圧印加し、第2ブロックの複合多層膜78に透明電極83と84、第3ブロックの複合多層膜85と74で電圧印加し、上記第1、第2、第3ブロックの各複合多層膜を各々独立に駆動し反射/透過を制御する事ができる。

【0051】従って、第1ブロックの複合多層膜77では赤色光の反射/透過を、第2ブロックの複合多層膜では緑色光の反射/透過を、第3ブロックの複合多層膜では青色光の反射/透過を各々独立に制御し、全体として、白、赤、緑、青、黒の各色、又はそれらの混合色を自由に表現できる反射型カラー表示装置が実現できることは明かである。

【0052】次に、図7に於いて、透明電極膜82と84と74とを電氣的に接続し、更に透明電極膜73と83と85とを電氣的に接続すれば、第1、第2、第3の各複合多層膜を上下電極基板71、72間に印加する電圧と同じ電圧で駆動できるため表示駆動電圧を約1/3に低減できる。しかし、この場合は、各複合多層膜77、78、79を各々独立に駆動できないため、白黒表示となり、カラー表示はできない。このように、複合多層膜の中間部に電極基板を挿入すれば、各々分割された複合多層膜をそれぞれ並列して駆動できるため該分割数に応じて電圧を低減することが可能になる。またこの場合、中間電極基板の上下面にそれぞれ透明電極膜を配さず片面でも駆動電圧低減の目的は達成できる事は明かである。

ある。例えば、電極83、85を除き、73、82、84、74によりその透明電極間に配置された複合多層膜をそれぞれ駆動することができる。

【0053】以上本発明に於いては、光硬化性樹脂をスピンコーター、ロールコーター、又はフレキシ、オフセット印刷等の手段により均一塗布し、その後で光照射により該光硬化性樹脂を光硬化させ第1のポリマー樹脂層を形成する。更に、該第1のポリマー樹脂層上に液晶材料を、やはり上述した方法により均一塗布し、更にその上に、上述した方法により第2のポリマー樹脂層を形成する。以上の工程を繰り返すことにより、液晶層／ポリマー樹脂層／液晶層／ポリマー樹脂層／液晶層・・・の複合多層膜を形成する。ここで、スピンコーターの回転数、ロールコーターの回転数、又は光硬化性樹脂や液晶材料の粘度等を前記工程の途中で変えてやれば層毎に層厚を自由に設定できる事は明かである。従って、あらゆる可視光波長域で多層膜干渉反射条件を満たす複合多層膜を得る事が可能となり明るい表示装置が実現できる。上記複合多層膜を直接電極基板上に塗布してもよいが、一旦、ガラス等任意の平板に前記方法により複合多層膜を形成した後、上記複合多層膜を上記平板から剥し所望の寸法に切断して、それを2枚の電極基板間に挟持させたほうがより量産性に富む製造方法である。

【0054】また、前述した方法で、液晶層の上に光硬化性樹脂を塗布したとき、若干、両層の境界面で互いの材料同志が混ざり合うが本発明の動作原理の原点である屈折率の違う複合多層膜を得ることは何等差し支え無い。

【0055】勿論、あらかじめ、液晶材料に光硬化性樹脂を混合した混合物を、前述した液晶材料の代わりに塗布し、更に、光照射により光硬化させればより正確に干渉波長域を設定できる。

【0056】一般的に、液晶分子は複数の屈折率を持ち、電界の強弱により該液晶分子の方向を変え、結果的に前記液晶層の屈折率を変える事ができる。本発明では、複屈折性を示す該液晶層の少なくとも1つの屈折率を上記光硬化性樹脂と略一致させておき、その屈折率の状態の時には、前記液晶層と前記光硬化性樹脂層との界面では殆ど屈折率差が無いために入射光は殆ど反射を受けずにそのまま透過する。

【0057】一方、上記2枚の電極基板間に印加される電圧を変えると、上記液晶層中の液晶分子の分子軸方向も変化し、その結果、該液晶層の屈折率も変化する。従って、上記複合多層膜中で屈折率の異なる境界面が現れ、入射光の一部を反射するようになる。ここで、前記液晶層又は前記液晶材料と光硬化性樹脂との混合物層と、前記光硬化性樹脂層の各層厚を多層膜干渉反射条件（詳しくは、前記文献1を参照）を満たすように設定しておけば、特定波長域の光を最も強く反射する。このように、本発明に於いては、上記上下電極基板間に印加す

る電圧を変える事により、上記複合多層膜の光反射強度を変え表示機能を実現化させるものである。

【0058】本発明の表示装置によれば、前述したように、例えば、スピンコーターにより、上記光硬化樹脂層及び液晶層を交互に形成するため、スピンコーターの回転数、又は、液晶材料、光硬化性樹脂材の溶媒添加による粘度調整等により、所望の層厚を高い精度で実現できる複合多層膜が得られる。しかも、従来例2、3、4に比べ、本発明では光硬化性樹脂を一層毎に光硬化させているため、液晶層との界面はよりフラットになり、従って、干渉反射光強度も増すことが前記文献1からも明かである。更に、各層自由に層厚が設定できるため可視光波長域を広くカバーする多層膜干渉反射能力を持った複合多層膜が簡便に得られ、表示体の理想である白色地に黒文字、あるいは明るいカラー表示が実現できる。

【0059】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明に係わる表示装置に於いては、偏光板、カラーフィルター等を使用せず、光の利用効率の高い明るい反射型表示装置が実現できるとともに、特に、反射型カラー表示装置としては、カラー印刷物に近い表示画質が得られ、従来の反射型カラー液晶表示装置に比べ本発明の効果は顕著である。そして、前述した従来例に比べても、干渉反射光波長帯も自由に設定できるとともに、該波長帯を広げる事も容易で、より明るい反射型表示装置が、作り易い形で提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係わる表示装置の基本構成を示す断面図。

【図2】 図1の表示原理を説明する図。

【図3】 本発明に係わる複合多層膜の製造方法を示す説明図。

【図4】 本発明に係わる表示装置の第2の実施例である反射型表示装置の断面図。

【図5】 図4の表示原理を説明する図。

【図6】 本発明に係わる表示装置の等価回路図。

【図7】 本発明に係わる表示装置の第3の実施例となる反射型カラー表示装置、もしくは反射型白黒表示装置の断面図。

【図8】 本発明の入射光の透過／反射原理を説明するための図。

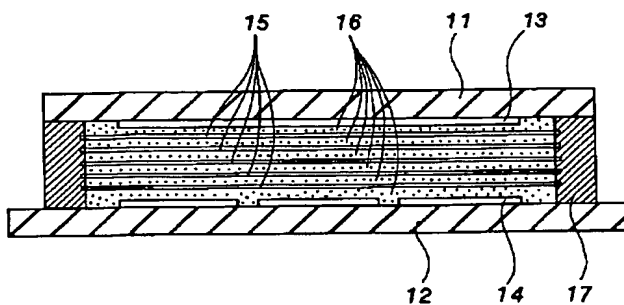
【符号の説明】

- 11・・・上電極基板
- 12・・・下電極基板
- 13、14・・・透明電極
- 15・・・光硬化性樹脂層
- 16・・・液晶層
- 21・・・液晶層
- 22・・・光硬化性樹脂層
- 27、28・・・液晶分子

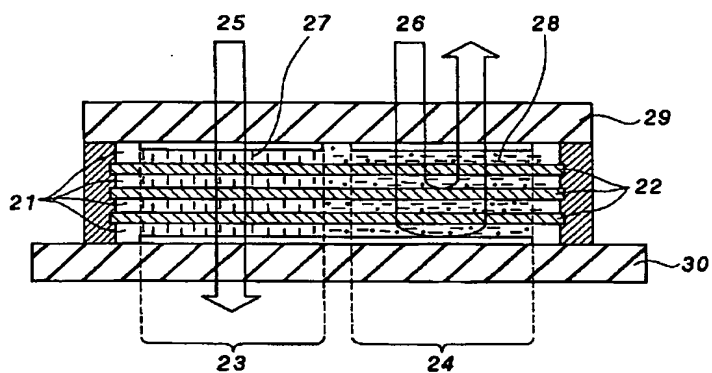
29 上電極基板

30 下電極基板

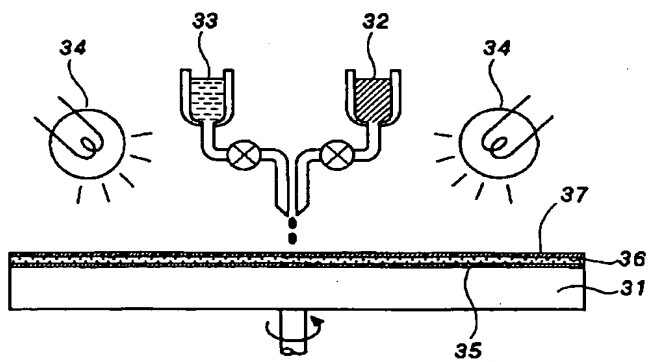
【図1】



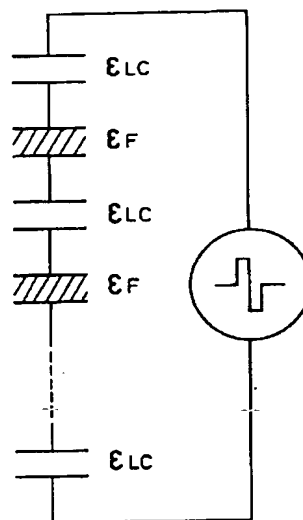
【図2】



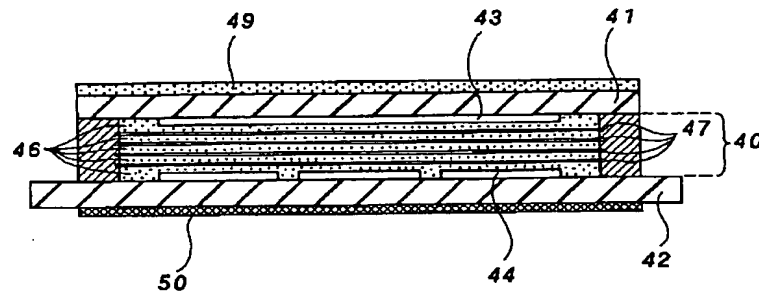
【図3】



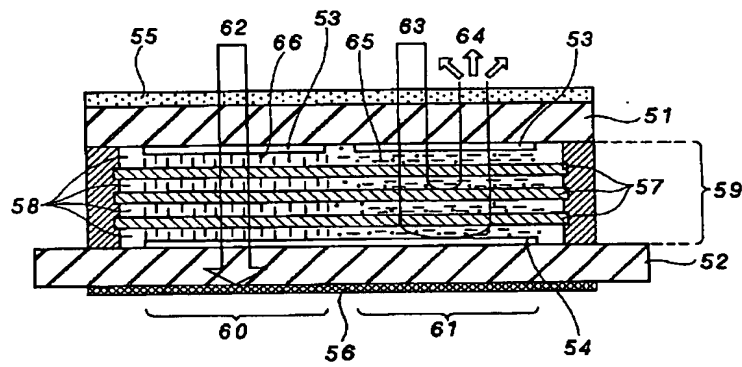
【図6】



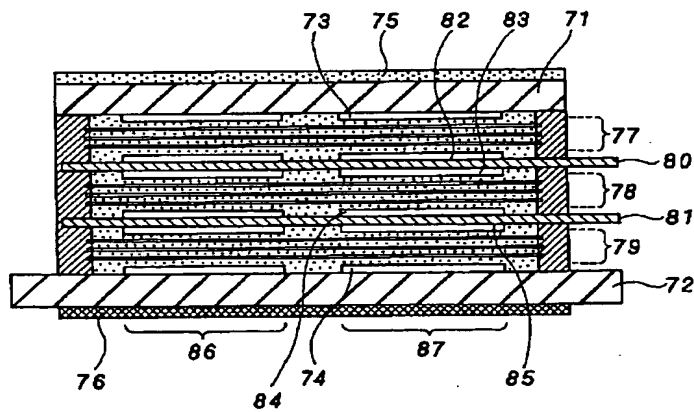
【図4】



【図5】



【図7】



【図8】

